

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DENTÍSTICA RESTAURADORA

Cinara Muniz Velho

EFEITOS DA DEGRADAÇÃO QUÍMICA E MECÂNICA NA
RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE MATERIAIS RESINOSOS
COMPÓSITOS.

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Dentística Restauradora.

Orientador: Prof. Dr. Sylvio Monteiro Jr.

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada.

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Velho, Cinara

Efeitos da Degradação Química e Mecânica na Rugosidade Superficial de Materiais Compósitos Resinosos. / Cinara Velho ; orientador, Sylvio Monteiro Junior ; coorientador, Mauro Amaral Caldeira de Andrada. - Florianópolis, SC, 2015.
64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Inclui referências

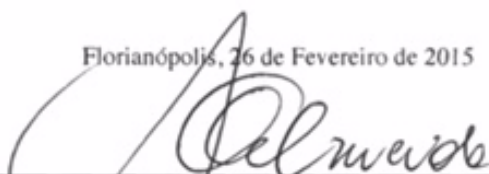
1. Odontologia. 2. Resinas Compostas. 3. Rugosidade Superficial. 4. Degradação Química. 5. Erosão e Abrasão. I. Monteiro Junior, Sylvio . II. Amaral Caldeira de Andrada, Mauro. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

Cinara Muniz Velho

EFEITO DA DEGRADAÇÃO QUÍMICA E MECÂNICA NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE MATERIAIS RESINOSOS

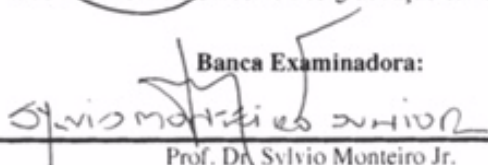
Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, área de concentração Dentística, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 26 de Fevereiro de 2015

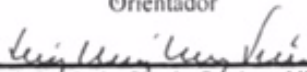


Prof.^a Dr.^a Izabel Cristina Santos Almeida
Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Odontologia

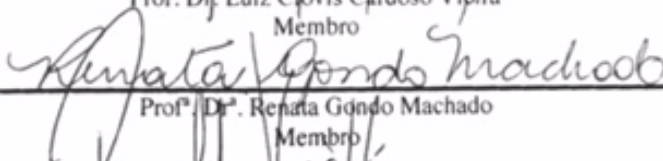
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Sylvio Monteiro Jr.
Orientador



Prof. Dr. Luiz Clovis Cardoso Vibira
Membro



Prof.^a Dr.^a Renata Gondo Machado
Membro



Prof. Dr. Ronaldo Guedes Viotti
Membro

Dedicatória

*Este trabalho é dedicado aos **meus pais**,
por buscarem comigo meus sonhos.*

“Diria que sou uma pessoa em eterno processo de busca. Passamos a maioria do tempo achando que entendemos tudo, para depois, descobrir que não entendemos nada. Espero nunca me sentir completa. A ideia é bonita, mas a busca eterna me atrai mais. **Bem mais.**”
(Olympia Scarry)

Agradecimientos

Aos familiares,

Agradeço aos meus pais, **Catarina e Antônio**, por todo amor – em seu mais puro e sincero sentido. Vocês são o alicerce fundamental para tudo que eu já realizei e desejo realizar. Obrigada por todo apoio, carinho e por me permitir viver esse sonho. Palavras nunca serão suficientes para expressar meu amor e gratidão. Talvez, eu nunca possa retribuí-los com tamanha grandeza como o que me é feito, mas os garanto que darei o melhor de mim todos os dias.

Aos meu irmão, **Antônio**, pela companhia, apoio, pelos momentos de descontração durante essa caminhada. Sinto muito orgulho de ti. Obrigada por tudo.

Às minhas queridas irmãs, **Vitória e Bruna**, Obrigada por darem leveza à minha vida. Amo vocês, minhas pequenas.

À minha madrastra, **Aglaer**, por todo o incansável apoio e por muitas vezes, abrir mão de seus sonhos, pensando sempre no melhor para nós quatro.

Ao namorado e melhor amigo, **Martin Kostow**, por todo o amor e carinho. Por ser tão maravilhoso, sempre. Por sempre me apoiar incondicionalmente. Pelas longas noites me explicando sobre as propriedades dos materiais. Este trabalho também é seu. Te amo muito.

Aos **demaís familiares**, pelas sempre belas palavras de encorajamento.

Aos professores,

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Sylvio Monteiro Jr**, obrigada por ter me dado a oportunidade de conviver mais com você. Obrigada pelos ensinamentos e pelas longas conversas, aprendizados que serão levados para o resto da vida. Obrigada por confiar em mim, por me dar liberdade e estar sempre disponível nos momentos de dúvida. Minha admiração é imensa!

Ao meu co-orientador, **Prof. Dr. Mauro Amaral Caldeira de Andrada**. De fato o mundo seria um lugar melhor se todas as pessoas pudessem ter o coração tão cheio de bondade quanto o seu. Obrigada, obrigada!

Ao Professor ***Dr. Luiz Narciso Baratieri***, obrigada por nos conceder a oportunidade de conviver com você e com toda essa equipe excepcional. Cada dia que tive a oportunidade de estar perto de você terminou com um IMENSO aprendizado. Gratidão.

Ao Professor ***Dr. Hamilton Pires Maia***, obrigada pelas incansáveis explicações e por tornar tudo tão mais simples do que parece. Por nos ensinar tudo que precisamos para continuar seguindo em frente. Seus ensinamentos foram essenciais. Muito Obrigada!

Ao Professor ***Dr. Luiz Clovis Cardoso Vieira***. Obrigada por todos os puxões de orelha, explicações e conselhos. Obrigada por ter um coração imenso. Muito obrigada, sempre.

À Professora ***Drª. Renata Gondo Machado***, o carinho e dedicação com que trata tudo e todos à sua volta é inspirador. Obrigada pelas injeções de ânimo e por sempre nos mostrar que há um lado bom em tudo.

À Professora ***Drª. Jussara Karina Bernardon***, obrigada pela amizade, pela compreensão, pelos conselhos e pela ajuda com os materiais. Você é meu exemplo de dedicação e esforço!

Aos demais professores da disciplina de Dentística: ***Dr. Guilherme Carpena Lopes***, por todo o conhecimento transmitido; ***Drª. Sheila Cristina Stolf***, pelos inúmeros ensinamentos e dedicação; ***Dr. Élio Nunes de Araújo***, por sempre ter uma palavra de incentivo; ***Dr. Cléo Nunes de Sousa***, pela sempre simpatia e cordialidade; ***Drª. Beatriz Alvares Cabral de Barros***, pelos ensinamentos e por sempre nos tratar tão bem; ***Dr. Gilberto Muller Arcari***, pelas excelentes aulas de fotografia. Obrigada!

Ao Professor ***Dr. Ronaldo Guedes Viotti***, por ter aceito participar dessa conquista e ter enriquecido esse trabalho de forma tão sábia e cuidadosa. Obrigada por despertar meus olhos para a Dentística lá na 5ª fase.

À professora ***Drª. Isabel de Almeida***, pelo intenso trabalho e dedicação. Obrigada!

Aos amigos,

“Quem tem um amigo, mesmo que um só, não importa onde se encontre, jamais sofrerá de solidão; poderá morrer de saudades, mas não estará só.”

Às minhas colegas de mestrado, hoje, grandes amigas, **Bruna, Gabrielle e Camila**. Eu não poderia pedir por melhores. Só nós sabemos o quanto esse caminho valeu a pena e o quão grande foi o aprendizado. Os laços que criamos nos mantiveram fortes. Nunca desistam dos seus sonhos, são eles que nos impulsionam. Amo vocês!

Às amigas do mestrado, **Carla e Débora**, que sorte tive em encontrar pessoas tão especiais por esse caminho. Espero poder levá-las para a vida. Obrigada por tudo, sempre!

Às amigas da especialização, **Ana Carolina, Gisele, Keyla, Mayara e Raquel**, obrigada pelo apoio, por dividirem suas histórias, conquistas, alegrias e sabedoria durante o tempo que tive a honra de conviver com vocês. Cabe a nós nunca deixarmos esse laço se romper. Obrigada por tudo.

Aos colegas doutorado, **Renan, Karla, Larissa, Ludmilla, Cristina, Camila, Gustavo e Vanessa** pela disposição em sempre nos ajudar e sanar as dúvidas que surgiam durante o mestrado e ao colega **Shizuma**, por toda ajuda durante a confecção desse trabalho.

À turma do **mestrado de 2014**, pela agradável convivência na nossa salinha.

Aos colegas de profissão, **Juarez e Maristela Mota**, por confiarem em mim durante os quase dois anos que estive em sua clínica. Sou muito grata à confiança depositada e pela oportunidade de aprendizado diário.

Ao colega de mestrado, **Ricardo Noschang**, por me emprestar o dispositivo de escovação, tão importante para a execução desse trabalho.

À doutoranda, **Bruna**, do Laboratório de Filmes Finos e Superfícies do Departamento de Física da UFSC, pela ajuda com o perfilômetro e com o software. Sou imensamente grata pela sua paciência, sem você a execução desse trabalho não seria possível.

Ao técnico do Laboratório de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal de Santa Catarina, **Luciano**, pela ajuda na obtenção das imagens de microscopia.

Às secretárias, da disciplina, **D. Lea**, com certeza sem sua dedicação muitas coisas não seriam possíveis. Obrigada por sempre nos tratar com carinho e educação. E da pós-graduação, **Ana Maria Frandolozo**, pela cordialidade e dedicação.

Às empresas **Heraeus Kulzer, Kavo-Kerr, 3M ESPE e VOCO** por disponibilizarem os materiais para realização dessa dissertação.

À **Universidade Federal de Santa Catarina**, por me proporcionar a oportunidade de crescer profissionalmente.

A todos, que de alguma forma estiveram presentes nessa caminhada.
Minha mais sincera gratidão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz de Teflon e Amostra	28
Figura 2. Amostras embutidas em resina de poliéster	29
Figura 3. Dispositivo de escovação	31
Figura 4. Desafio Abrasivo	31
Figura 5. Perfilometria de contato	32
Figura 6. Linhas traçadas sobre a amostra	32
Figura 7. Imagem MEV, Resina Charisma	40
Figura 8. Imagem MEV, Resina Herculite Classic	40
Figura 9. Imagem MEV, Resina Grandioso	41
Figura 10. Imagem MEV, Resina Filtek Z350 XT	41

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1. Lista dos materiais utilizados no estudo derivado dos manuais científicos **26**

Quadro 2. Tempo de fotoativação recomendado pelos fabricantes das resinas compostas **28**

Quadro 3. Distribuição dos Grupos **29**

Quadro 4. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Charisma e seus respectivos subgrupos..... **36**

Quadro 5. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Herculite Classic e seus respectivos subgrupos..... **37**

Quadro 6. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Grandioso e seus respectivos subgrupos..... **37**

Quadro 7. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Filtek Z350 XT e seus respectivos subgrupos..... **38**

Quadro 8. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para as resinas testadas..... **39**

Tabela 1. Rugosidade média (Ra) e desvio padrão (DP) obtidos pelas resinas testadas; em cada um dos subgrupos de tratamentos realizados..... **34**

Tabela 2. Testes de normalidade Shapiro-Wilk para cada resina composta e seus respectivos tratamentos..... **35**

Tabela 3. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Charisma em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final..... **36**

Tabela 4. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Herculite Classic em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final..... **37**

Tabela 5. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Grandioso em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final..... **38**

Tabela 6. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Filtek Z350 XT em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final..... **38**

Tabela 7. Valores de rugosidade média (Ra) inicial e final, e desvios padrões (DP), níveis de significância entre a Ra inicial e final, para as resinas testadas..... **39**

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores de rugosidade média final de cada resina testada e respectivos desvios padrões (DP).....**39**

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

μm – Micrômetros

nm – Nanômetros

s – Segundos

min – Minutos

h – Horas

mW/cm² – Miliwatt por centímetro quadrado

rpm – Rotações por minuto

°C – Graus Celsius

M – Concentração Molar

pH – Potencial Hidrogeniônico

ml – Mililitros

g – Gramas

mm/s – Milímetros por segundo

mg – Miligramas

mm – Milímetros

Ra – Roughness Average (Rugosidade Média)

DP – Desvio Padrão

CH – Resina Charisma

HER – Resina Herculite Classic

GR – Resina GrandioSO

Z35 – Resina Filtek Z350 XT

C – Grupo Controle

ENI – Erosão endógena e abrasão imediata

ENI – Erosão endógena e abrasão tardia

EXI – Erosão exógena e abrasão imediata

EXT – Erosão exógena e abrasão tardia

ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

AR – Abrasividade relativa

Bis-GMA – Bisfenol glicidil metacrilato

UDMA – Uretano Dimetacrilato

TEGDMA – Trietileno glicol dimetacrilato

Bis-EMA – Bisfenol glicidil metacrilato etoxilado

SUMÁRIO

ARTIGO	21
RESUMO.....	22
1 INTRODUÇÃO	24
2 MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1 Material.....	26
2.2 Confeção das Amostras e Divisão entre os grupos.....	27
2.3 Medição do pH	30
2.4 Desafios Erosivos e Abrasivos	30
2.5 Análises da Rugosidade Superficial	31
2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	33
2.7 Análise Estatística	33
3 RESULTADOS	34
3.1 Rugosidade Superficial.....	34
3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	40
4 DISCUSSÃO	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS	49

Artigo

EFEITOS DA DEGRADAÇÃO QUÍMICA E MECÂNICA NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE MATERIAIS RESINOSOS COMPÓSITOS.

Cinara Muniz VELHO¹

Sylvio MONTEIRO JUNIOR²

Mauro Amaral Caldeira de ANDRADA²

¹Aluna da Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

²Professor do Programa de Pós Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

RESUMO

Este estudo *in vitro* avaliou o comportamento de materiais restauradores resinosos de diferentes composições frente a degradação química e mecânica, a influência do tempo de espera para escovação após os desafios e o potencial erosivo das soluções utilizadas. Quarenta amostras foram confeccionadas para cada uma das resinas e, aleatoriamente, divididas entre 5 grupos de acordo com o tratamento recebido: imersão em saliva artificial; imersão em ácido hidrocloreídrico seguido de abrasão (imediate e tardia); imersão em Coca-Cola seguido de abrasão (imediate e tardia). As amostras foram imersas nas soluções por 2 min, seguido do desafio abrasivo imediato (5 min depois) ou tardio (60 min depois) por um período de 2 min. Este ciclo se repetiu 3 vezes ao dia para cada amostra. As amostras foram mantidas em saliva artificial entre os ciclos erosivos. A rugosidade superficial foi mensurada através da utilização de um perfilômetro de contato. Uma amostra de cada resina composta foi aleatoriamente selecionada entre todos os grupos para análise em MEV. Os dados foram analisados através dos testes de Kruskal-Wallis, Pos-Hoc Dunn-Bonferroni e Wilcoxon. Considerando as soluções de imersão e os tempos entre erosão e escovação, nenhuma diferença estatística significativa foi encontrada ($p>0,05$). Não houve diferença na rugosidade inicial e final para o grupo controle ($p>0,05$), entretanto, nos grupos teste, houve um aumento da rugosidade superficial ao final dos desafios. O maior valor de rugosidade foi para a resina Charisma e o menor para Filtek Z350. Concluiu-se que, a composição das resinas influencia na rugosidade superficial pós degradação química e mecânica, independente da solução e do tempo de espera para escovação.

Palavras-Chave: Biodegradação, Materiais Dentários, Resinas Compostas.

SIGNIFICÂNCIA CLÍNICA

O aumento da prevalência de erosão dental na população nas últimas décadas leva à necessidade da avaliação do comportamento dos materiais restauradores compósitos, objetivando o auxílio na escolha do melhor material resinoso para restauração de dentes que podem ser expostos a frequentes desafios erosivos e abrasivos.

1 INTRODUÇÃO

Ainda que as informações relacionadas à prevalência da erosão dental na população sejam limitadas, evidências mostram que a sua incidência vem crescendo nas últimas décadas (JAEGGI e LUSI, 2014; SALAS *et al.*, 2015).

A erosão dental pode ser atribuída tanto a fatores endógenos quanto exógenos; o primeiro está relacionado à exposição frequente dos dentes ao suco gástrico, devido a desordens alimentares. O segundo, está associado ao consumo excessivo de bebidas e alimentos com baixo pH, como sucos de frutas e refrigerantes (JENSDOTTIR *et al.*, 2006). A ingestão destas bebidas é a principal causa do aumento da prevalência da erosão dentária em crianças e adolescentes (JAEGGI e LUSI, 2014), e além disso, a erosão atribuída a fatores endógenos também tem sua prevalência aumentada nas últimas décadas (MICALI *et al.*, 2013).

Pacientes adultos com lesões causadas por erosão, que envolvem perda de substância dental, apresentam um reduzido bem-estar devido a estética oral comprometida, limitada eficiência mastigatória e dor causada pelas áreas de dentina exposta (AL-OMIRI *et al.*, 2006). Por isso, em muitos casos, a proteção da dentina e restauração do tecido perdido são necessárias para reabilitação oral, que pode ser conduzida utilizando procedimentos restauradores diretos ou indiretos (JOHANSSON *et al.*, 2008; VAILATI e BELSER, 2008; SCHIMIDLIN *et al.*, 2009; ATTIN *et al.*, 2012). O ideal é que antes desses procedimentos, o fator etiológico seja identificado e controlado. Entretanto, em casos severos, pode ser necessário que o tratamento restaurador seja feito simultaneamente ao controle da doença, objetivando auxiliar no combate à hipersensibilidade do dente afetado e proteger os dentes de futuras perdas teciduais (JAEGGI; GRUNINGER; LUSI, 2006). Porém, é possível que o paciente retorne ao antigo hábito após receber os procedimentos restauradores, fazendo com que a performance clínica dos materiais restauradores seja afetada pela erosão (ATTIN e WEGEHAUPT, 2014), e por outros fatores que atuam sinergicamente ao processo erosivo, como os desgastes por abrasão (TURSSI *et al.*, 2001; YU *et al.*, 2009; CARVALHO *et al.*, 2012).

Embora os materiais restauradores resinosos sejam menos suscetíveis a erosão quando comparados ao esmalte dental (YU *et al.*, 2009), o ataque erosivo pode induzir a degradação da matriz orgânica, das partículas de carga e da interface partícula/matriz desses materiais (TURSSI *et al.*, 2003; FRANCISCONI *et al.*, 2008), afetando

superficialmente a estrutura do material. A textura superficial dos materiais dentários tem influência direta no acúmulo de placa, o qual pode levar a inflamação gengival e periodontal (VAN DJIKEN *et al.*, 1987; BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997) assim como, a descoloração das restaurações, impactando na aparência estética (REIS *et al.*, 2003; HEINTZE *et al.*, 2010). Além disso, sabe-se que uma superfície com rugosidade mínima de 0.3 μm pode ser detectada pela ponta da língua do paciente (JONES; BILLINGTON; PEARSON, 2004). Estudos *in vivo* mostram que a rugosidade média acima de 0.2 μm está relacionada com um aumento substancial da retenção bacteriana (QUIRYNEN *et al.*, 1996).

Cada um dos eventos responsáveis pela degradação superficial de materiais resinosos compósitos tem suas próprias características; contudo, eles geralmente ocorrem simultaneamente, tornando difícil a identificação de suas causas isoladas (HONÓRIO *et al.*, 2008). Por isso, o objetivo desse estudo foi de avaliar e comparar o comportamento de materiais restauradores resinosos de diferentes composições frente à desafios erosivos e abrasivos, o potencial erosivo das soluções utilizadas e a influência do tempo de espera para escovação.

As seguintes hipóteses nulas foram formuladas:

- Os materiais restauradores resinosos, independentemente da sua composição, não sofrerão aumento da rugosidade superficial significativa.
- O tempo de espera para escovação não terá influência no aumento da rugosidade superficial do material.
- Não haverão diferenças entre os grupos de erosão endógena e exógena.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

Foram utilizadas quatro resinas compostas (Quadro 1).

Quadro 1. Lista dos materiais utilizados no estudo. Dados derivados dos manuais científicos.

Material	Lote	Classificação	Tamanho da partícula	Tipo de partícula
Charisma (CH)	10616	Microhíbrida	0,7 µm (média)	Vidro de bário alumínio fluoretado, Sílica Pirogênica
Herculite Classic (HER)	50788033	Microhíbrida	0,6 µm (média)	Vidro de borossilicato de alumínio, Sílica Coloidal
GrandioSO (GR)	1405745	Nanohíbrida	1µm 20-40 nm	Óxido de Sílica funcionalizada, partículas vidro-cerâmicas
Filtek Z350 XT (Z350)	17664	Nanopartícula	0,6 a 1,4 µm 20nm	Zircônia, Sílica

Quadro 1. Continuação

Material	Quantidade de partículas (vol%/peso %)	Composição da Matriz	Fabricante
Charisma (CH)	61/76,3	Bis-GMA, TEGDMA	Heraeus Kulzer GmbH, Hanau - Alemanha
Herculite Classic (HER)	59/78	Bis-GMA, TEGDMA	Kerr, Orange - EUA
GrandioSO (GR)	73/89	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGMA	VOCO GmbH, Cuxhaven - Alemanha
Filtek Z350 XT (Z350)	63.3/78.5	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGMA, PEGMA	3M ESPE, Sumaré - Brasil

2.2 Confeção Das Amostras e Divisão Entre os Grupos

Quarenta (40) amostras foram confeccionadas para cada tipo de resina composta (cor A2 para esmalte). O material foi inserido em uma matriz cilíndrica de teflon com 4 mm de diâmetro e 3 mm de altura (Fig. 1). Para o preenchimento, a matriz foi posicionada sobre uma lâmina de vidro. A resina composta foi inserida com uma espátula para compósitos em um único incremento. Após a inserção, o material foi coberto por outra lâmina de vidro; sobre o conjunto foi exercida uma pressão digital por 10 s para uniformizar a superfície e possibilitar o extravasamento do excesso de material. Em seguida, foi realizada a fotoativação do compósito pelo tempo recomendado pelo fabricante (Quadro 2), utilizando um fotopolimerizador (Translux Power Blue, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) com intensidade média de luz de 1.000 mW/cm².

Após removidas da matriz, as amostras foram novamente fotopolimerizadas em ambos os lados por 20 s



Fig. 1 Matriz de Teflon e Amostra.

Quadro 2. Tempo de fotoativação recomendado pelos fabricantes das resinas compostas.

Resina Composta	Tempo de Fotoativação (s)
CH	20
HER	40
GR	20
Z350	20

Todas as amostras foram armazenadas em água destilada por 24 h, previamente ao embutimento.

As amostras foram embutidas em resina de poliéster (Fig. 2) com a exposição da superfície superior de cada amostra. Em seguida, foram regularizadas e aplainadas utilizando lixas d'água de granulometria #1200 e #2000 na velocidade de 600 rpm na Politriz (Panambra Stuers DP-10- Panambra, São Paulo, Brasil) durante 15 s, girando as amostras 90° entre cada lixa. Esse procedimento foi executado por um único operador. Então, as amostras foram limpas em água corrente por 10 s e levadas a um ultrassom por 1 min, com objetivo de remover os debris provenientes do acabamento.



Fig. 2 Amostras embutidas em resina de poliéster.

As amostras foram mantidas imersas em água destilada por 7 dias a 37° C, antes de qualquer medição.

Cada grupo de amostras (n=8) de determinado material foi distribuído entre os 5 grupos de teste citados abaixo (Quadro 3):

Quadro 3. Distribuição dos Grupos

Grupo	Nome	Procedimento
G1	C	Imersão em saliva artificial.
G2	ENI	Erosão: Imersão em ácido hidroclorídrico 0,01M, pH 2,0. Abrasão: após 5 min
G3	ENT	Erosão: Imersão em ácido hidroclorídrico 0,01M, pH 2,0. Abrasão: após 60 min
G4	EXI	Erosão: Imersão em Coca-Cola, pH 2,3. Abrasão: após 5 min.
G5	EXI	Erosão: Imersão em Cola-Cola, pH 2,3. Abrasão: após 60 min.

2.3 Medição do pH

O pH de todas as soluções foi mensurado utilizando pHmetro digital (ITPH 2300, Instrutemp, São Paulo, Brasil). Todos os dias, previamente ao início dos desafios erosivos, foram feitas três medições em temperatura ambiente (23°C).

2.4 Desafios Erosivos e Abrasivos

O regime cíclico dos desafios ocorreu 3 vezes ao dia (10:00, 15:00, 18:00) durante 10 dias.

No primeiro dos grupos, denominado C (Controle), as amostras ficaram imersas em saliva artificial ($MgCl_2$, NaCl, KCl, $CaCl_2$) durante todo o período de testes até o final dos experimentos, a uma temperatura controlada de 37°C.

Os demais grupos foram divididos entre erosão exógena e erosão endógena e passaram pelo desafio de abrasão.

Para o segundo grupo, denominado ENI, as amostras foram imersas em 25 ml de ácido hidrocloreídrico 0.01 M (HOVE;YOUNG;TVEIT, 2007), pH 2,0, por 2 minutos sob gentil agitação, utilizando um misturador rotativo e em temperatura ambiente (23°C). Cinco minutos após a erosão, todas as amostras desse grupo passaram pelo desafio abrasivo, utilizando uma escova dental elétrica (Oral-B Pro-Saúde Power, Procter & Gamble do Brasil, São Paulo, Brasil) adaptada a um dispositivo de escovação (Fig. 3). O dentífrício utilizado foi preparado através da mistura de um dentífrício (Oral-B 1-2-3, Procter & Gamble do Brasil, São Paulo, Brasil) e água destilada, em uma proporção de 1:3. As amostras foram escovadas por 2 minutos com uma força de 250 g (Fig. 4). E por fim, foram lavadas com água destilada por 10 segundos, seguido do armazenamento em saliva artificial até o próximo desafio erosivo e abrasivo.

As amostras do grupo ENT foram submetidas ao desafio erosivo citado acima, entretanto, as amostras foram armazenadas em saliva artificial por 60 min, para então, passarem pelo desafio abrasivo.

Para o grupo EXI, as amostras foram imersas em 25 ml de refrigerante (Coca-Cola, Vonpar Refrescos S.A, Antônio Carlos, Brasil), pH 2,3, por 2 minutos, sob gentil agitação, utilizando um misturador rotativo e em temperatura ambiente (23°C). Cinco minutos após o desafio erosivo, os espécimes foram escovados com dentífrício por 2

minutos com uma força de 250 g utilizando o dispositivo de escovação automática (Fig. 3), e por fim, foram lavados com água destilada por 10 segundos e seguido do armazenamento em saliva artificial até o próximo desafio erosivo e abrasivo.

O grupo EXT foi submetido ao desafio erosivo citado acima, entretanto, as amostras foram armazenadas em saliva artificial durante 60 min, previamente ao desafio abrasivo.

Ao final dos 10 dias, um total de 60 minutos de abrasão foram feitos em cada amostra.

Depois dos 3 ciclos diários, os espécimes dos grupos ENI, ENT, EXI e EXT ficaram armazenados em saliva artificial durante a noite até o início dos desafios erosivos e abrasivos do dia seguinte.

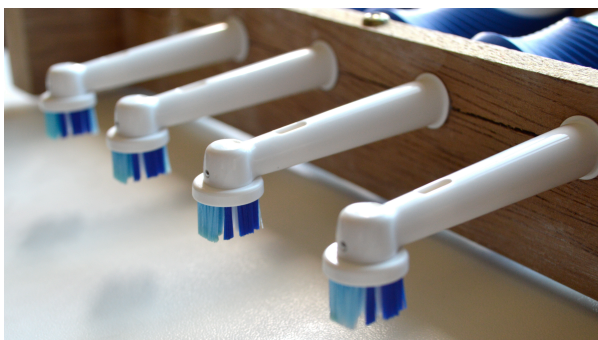


Fig. 3 Dispositivo de escovação.



Fig. 4 Desafio Abrasivo.

2.5 Análises da Rugosidade Superficial

Após os procedimentos de acabamento e polimento e, passados os 7 dias dos quais as amostras ficaram imersas em água destilada, foram

feitas as medições de *baseline* para cada amostra. Da mesma forma que ao final dos desafios de erosão e abrasão, os valores de rugosidade superficial foram mensurados, ambas medidas foram feitas utilizando um perfilômetro de contato (DektakXT Stylus Profiler, Bruker Corporation, Billerica, EUA) (Fig. 5) equipado com uma agulha de diamante com 2.0 μm de diâmetro, da qual atravessou a superfície do espécime em uma velocidade e carga constantes de 100 mm/s e 3 mg, respectivamente.

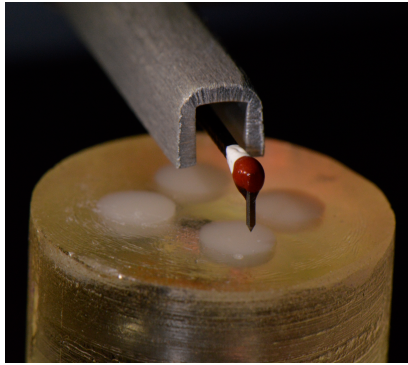


Fig. 5 Perfilometria de contato.

Sobre a amostra, foram traçadas 3 linhas paralelas entre si, com o comprimento de leitura de 1 mm, localizadas no centro da amostra (Fig. 6). O comprimento de *cut-off* foi determinado em 0.25 mm.

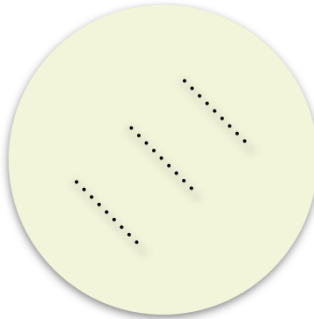


Fig. 6 Linhas traçadas sobre a amostra.

A rugosidade superficial foi caracterizada através do parâmetro R_a (μm), que foi obtida a partir de uma média das 3 leituras feitas sobre a amostra, utilizando um software matemático (Origin, OriginLab Corporation, Northampton, EUA). O valor da medição de rugosidade superficial do *baseline* foi classificado como R_{a_0} e da rugosidade final, como R_{a_1} .

2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura

Uma amostra de cada uma das resinas compostas foi aleatoriamente selecionada em cada um dos grupos, para ser levada à análise em microscopia eletrônica de varredura.

As amostras foram colocadas em *stubs* de alumínio e recobertas com pó de ouro, e então, examinadas utilizando um Microscópio Eletrônico de Varredura (JSM-6390LV, Jeol USA, Peabody, EUA) a uma aceleração de 10kV.

As imagens foram capturadas a ampliação de 5000x em áreas representativas de cada amostra.

2.7 Análise Estatística

A distribuição normal dos dados foi verificada pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk. Uma vez confirmada a não distribuição normal, os dados foram analisados pelo teste não paramétrico Kruskal-Wallis e teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de confiança de 95%, com o intuito de verificar as diferenças entre os tratamentos realizados. Enquanto a comparação entre a rugosidade inicial e final em cada um dos subgrupos de tratamento foi realizada pelo teste pareado de Wilcoxon a um nível de confiança de 95%.

3 RESULTADOS

3.1 Rugosidade Superficial

Os valores de rugosidade média inicial (Ra_0) e final (Ra_1) e desvio padrão (DP), obtidos pelas resinas testadas: Charisma, Herculite Classic, Grandioso e Filtek Z350 XT estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Rugosidade média (Ra) e desvio padrão (DP) obtidos pelas resinas testadas: Charisma, Herculite Classic, Grandioso e Filtek Z350 XT em cada um dos subgrupos de tratamentos realizados.

RC	Grupo	Ra_0	DP	Ra_1	DP
CH	C	0,0675	0,02392	0,0716	0,02362
	ENI	0,1196	0,04823	0,2856	0,12166
	ENT	0,0706	0,05397	0,2068	0,08953
	EXI	0,0854	0,04473	0,2083	0,07615
	EXT	0,0636	0,01878	0,1705	0,04421
HER	C	0,0663	0,00694	0,0745	0,00989
	ENI	0,1186	0,0151	0,1766	0,03997
	ENT	0,0818	0,01265	0,1849	0,03852
	EXI	0,0814	0,01479	0,174	0,03653
	EXT	0,113	0,01562	0,1939	0,04217
GRD	C	0,0615	0,01076	0,0666	0,01292
	ENI	0,0864	0,02521	0,1521	0,03214
	ENT	0,0835	0,01743	0,158	0,0341
	EXI	0,0898	0,02816	0,155	0,03192
	EXT	0,08	0,01683	0,1619	0,04321
Z350	C	0,0834	0,03673	0,0765	0,0236
	ENI	0,0878	0,01659	0,0884	0,01659
	ENT	0,035	0,00689	0,09	0,02167
	EXI	0,0598	0,03583	0,0868	0,02183
	EXT	0,033	0,00668	0,0799	0,02666

Os valores de rugosidade inicial das resinas não apresentaram distribuição normal pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk (Tabela 2).

Tabela 2. Testes de normalidade Shapiro-Wilk para cada resina composta e seus respectivos tratamentos.

RC	Grupos	Shapiro-Wilk (Ra_0)			Shapiro-Wilk (Ra_1)		
		Est.	df	Sig.	Est	df	Sig.
CH	C	0,891	8	0,238	0,86	8	0,12
	ENI	0,78	8	0,017	0,974	8	0,93
	ENT	0,702	8	0,002	0,853	8	0,101
	EXI	0,628	8	0,002	0,976	8	0,94
	EXT	0,797	8	0,027	0,905	8	0,319
HER	C	0,863	8	0,128	0,914	8	0,381
	ENI	0,834	8	0,065	0,971	8	0,903
	ENT	0,876	8	0,171	0,983	8	0,976
	EXI	0,866	8	0,136	0,863	8	0,127
	EXT	0,964	8	0,847	0,838	8	0,072
GRD	C	0,841	8	0,078	0,923	8	0,459
	ENI	0,962	8	0,83	0,967	8	0,877
	ENT	0,674	8	0,001	0,944	8	0,652
	EXI	0,851	8	0,099	0,945	8	0,66
	EXT	0,87	8	0,151	0,924	8	0,462
Z350	C	0,897	8	0,27	0,915	8	0,392
	ENI	0,843	8	0,082	0,831	8	0,061
	ENT	0,743	8	0,007	0,909	8	0,349
	EXI	0,957	8	0,785	0,948	8	0,688
	EXT	0,937	8	0,577	0,95	8	0,711

Na resina Charisma, comparando-se a rugosidade média (Ra) final dos tratamentos realizados, pelo teste Kruskal-Wallis, encontrou-se um valor de $X^2 = 20,670$ e $p = 0,000$. Permitindo rejeitar a hipótese nula de que os tratamentos não afetariam a rugosidade superficial ($p < 0,05$)

(Quadro 4). Pelo teste Post-Hoc de Dunn-Bonferroni verificou-se que houve diferenças estatísticas entre o grupo controle e os demais tratamentos ($p < 0,05$). Enquanto, entre os tratamentos não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) (Tabela 3). Comparando-se a rugosidade inicial e final pelo teste estatístico de Wilcoxon, somente o grupo controle não apresentou diferenças estatísticas entre os dois momentos, inicial e final ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Quadro 4. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Charisma e seus respectivos subgrupos.

Ra₁	
Qui-quadrado (χ^2)	20,670
Df	4
Significância Assintomática	0,000

Tabela 3. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Charisma em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final.

Tratamento	Ra₀ (±DP)	p	Ra₁ (±DP)
C	0,0675 (±0,023)a	$p > 0,05$	0,0716 (.023)a
ENI	0,1196 (±0,048)b	$p < 0,05$	0,2856 (.121)b
ENT	0,0706 (±0,053)a	$p < 0,05$	0,2068 (.089)b
EXI	0,0854 (±0,0044)a	$p < 0,05$	0,2083 (.076)b
EXT	0,0636 (±0,018)a	$p < 0,05$	0,1705 (.044)b

Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, indicam que não existem diferenças estatísticas entre os tratamentos pelo teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de significância de 0,05.

Para a resina Herculite Classic, a rugosidade final no teste Kruskal-Wallis foi de χ^2 18,985 e $p = 0,001$, permitindo rejeitar a hipótese nula de que ($p < 0,05$), os quatro tratamentos não afetariam a rugosidade superficial (Quadro 5). Houve diferenças estatísticas entre o grupo controle e os demais tratamentos ($p < 0,05$). Enquanto em relação aos tratamentos testes, não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$) (Tabela 4). Comparando-se a rugosidade inicial e final pelo teste estatístico de Wilcoxon, todos os grupos apresentaram diferenças estatísticas entre o início e o final ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Quadro 5. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Herculite Classic e seus respectivos subgrupos.

Ra₁	
Qui-quadrado (χ^2)	18,985
Df	4
Significância Assintomática	0,001

Tabela 4. Valores de rugosidade média (Rq) e desvios padrões (DP), para resina Herculite Classic em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final.

Tratamento	Ra₀ (±DP)	p	Ra₁ (±DP)
C	0,0663 (±0,006)a	p<0,05	0,0745(±0,009)a
ENI	0,1186 (±0,015)c	p<0,05	0,1766(±0,039)b
ENT	0,0818 (±0,012)b	p<0,05	0,1849(±0,038)b
EXI	0,814 (±0,014)b	p<0,05	0,1740(±0,036)b
EXT	0,130 (±0,015)c	p<0,05	0,1939(±0,042)b

Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, indicam que não existem diferenças estatísticas entre os tratamentos pelo teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de significância de 0,05.

Para a resina Grandioso, a rugosidade final, no teste Kruskal-Wallis foi de χ^2 18,887 e $p = 0,001$, rejeitando-se a hipótese nula de que os tratamentos não afetariam na rugosidade superficial ($p < 0,05$) (Quadro 6). Pelo teste Post-Hoc de Dunn-Bonferroni verificou-se novamente que o grupo controle diferiu estatisticamente dos demais grupos ($p < 0,05$), enquanto que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos testes ($p > 0,05$) (Tabela 5). Comparando-se a rugosidade inicial e final de cada tratamento, houve diferenças estatísticas para todos os grupos exceto para o controle ($p < 0,05$) (Tabela 5).

Quadro 6. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Grandioso e seus respectivos subgrupos.

Ra₁	
Qui-quadrado (χ^2)	18,887
Df	4
Significância Assintomática	0,001

Tabela 5. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Grandioso em cada um dos subgrupos e níveis de significância entre os tratamentos e entre os momentos inicial e final.

Tratamento	Ra ₀ (±DP)	p	Ra ₁ (±DP)
C	0,0615 (±0,010)a	p>0,05	0,0666 (±0,012)a
ENI	0,0864 (±0,025)b	p>0,05	0,1521 (±0,032)b
ENT	0,0835 (±0,017)b	p<0,05	0,1580 (±0,034)b
EXI	0,0898 (±0,028)b	p<0,05	0,1550 (±0,031)b
EXT	0,0800 (±0,016)b	p<0,05	0,1619 (±0,043)b

Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, indicam que não existem diferenças estatísticas entre os tratamentos pelo teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de significância de 0,05.

Para a resina Filtek Z350 XT a rugosidade final ao teste Kruskal-Wallis foi de χ^2 2,395 e p= 0,663, aceitando-se a hipótese nula que os tratamentos não provocariam um aumento significativo da rugosidade superficial (p>0,05) (Quadro 7). Comparando-se a rugosidade inicial e final de cada tratamento, houve diferenças estatísticas para os grupos Erosão Endógena Tardia e Erosão Exógena Tardia (p<0,05) (Tabela 6).

Quadro 7. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para a resina Filtek Z350 XT e seus respectivos subgrupos.

Ra ₁	
Qui-quadrado (χ^2)	2,395
Df	4
Significância Assintomática	0,663

Tabela 6. Valores de rugosidade média (Ra) e desvios padrões (DP), para resina Filtek Z350 XT.

Tratamento	Ra ₀ (±DP)	p	Ra ₁ (±DP)
C	0,0834 (±0,036)a	p>0,05	0,0765 (±0,023)a
ENI	0,0878 (±0,016)a	p>0,05	0,0884 (±0,016)a
ENT	0,0350 (±0,006)b	p<0,05	0,0900 (±0,021)a
EXI	0,0598 (±0,035)ab	p>0,05	0,0868 (±0,021)a
EXT	0,0330 (±0,006)b	p<0,05	0,0799 (±0,026)a

Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, indicam que não existem diferenças estatísticas entre os tratamentos pelo teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de significância de 0,05.

Analisando a rugosidade das resinas independentemente dos subgrupos verificou-se pelo teste Kruskal-Wallis que existem diferenças significativas entre as resinas testadas ($p<0,05$) (Quadro 8). Em relação a rugosidade média final verificou-se que a resina Z350 apresentou rugosidade média estatisticamente inferior às demais resinas ($p<0,05$) (Tabela 7 e Gráfico 1); a rugosidade média das resinas Grandioso, Herculite e Charisma não diferiram estatisticamente ($p>0,05$) (Tabela 7 e Gráfico 1). Houveram diferenças estatísticas entre a rugosidade média (Ra) inicial e final para todas as resinas testadas ($p<0,05$) (Tabela 7).

Quadro 8. Teste estatístico de Kruskal-Wallis a um nível de significância de 5% para as resinas testadas.

Ra _i	
Qui-quadrado (χ^2)	48,056
Df	4
Significância Assintomática	0,000

Tabela 7. Valores de rugosidade média (Ra) inicial e final, e desvios padrões (DP), níveis de significância entre a Ra inicial e final, para as resinas testadas.

RC	Ra ₀ (±DP)	p	Ra ₁ (±DP)
CH	0,0814 (±0,043)a	$p<0,05$	0,1886 (±0,102)a
HER	0,0922 (±0,024)b	$p<0,05$	0,1608 (±0,055)a
GRD	0,0802 (±0,021)a	$p<0,05$	0,1387 (±0,047)a
Z350	0,0598 (±0,032)c	$p<0,05$	0,0843 (±0,021)b

Médias seguidas por letras iguais, em cada coluna, indicam que não existem diferenças estatísticas entre os tratamentos pelo teste Post-Hoc Dunn-Bonferroni a um nível de significância de 0,05.

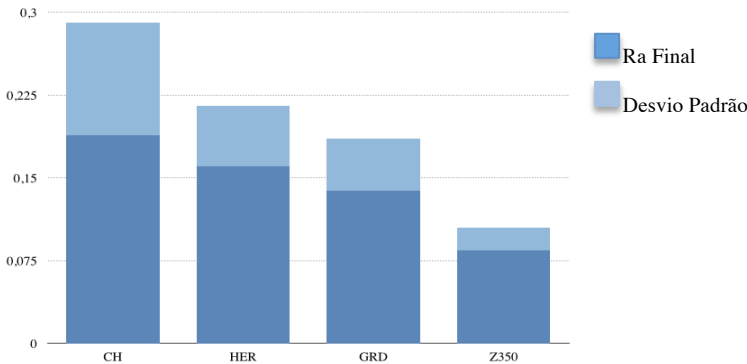


Gráfico 1. Valores de rugosidade média final de cada resina testada e respectivos desvios padrões.

3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

Após a combinação de desafios erosivos e abrasivos, o dano às amostras tornou-se evidente pelas imagens de MEV. As resinas compostas testadas, Charisma, Herculite Classic e Grandioso apresentaram exposição das partículas de carga e desgaste da matriz orgânica em todos os grupos que sofreram desafios erosivos e abrasivos.

As amostras do grupo controle e da resina Filtek Z350 XT não apresentaram nenhum dano identificado nas imagens capturadas pela microscopia eletrônica de varredura.

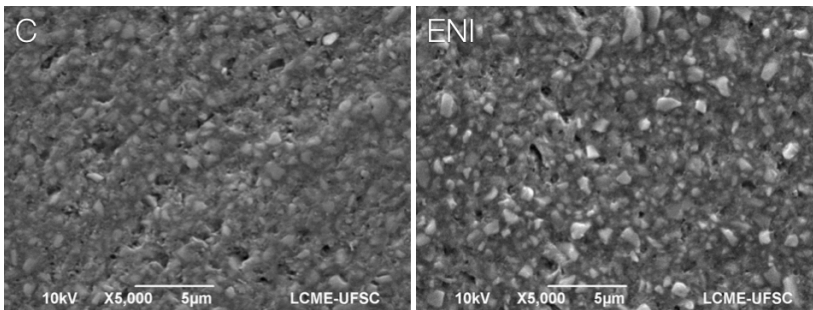


Fig. 7. Imagem da área representativa, Resina Charisma, 5000x.

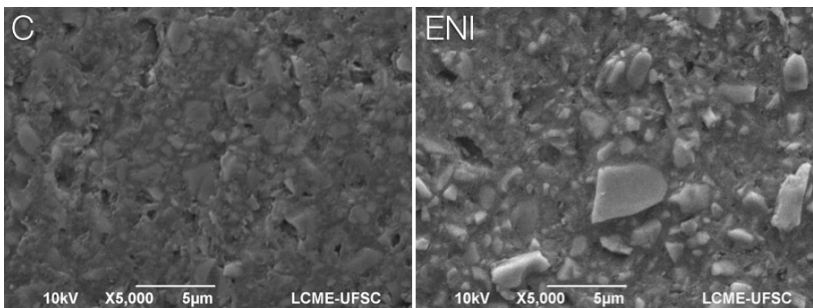


Fig. 8. Imagem da área representativa, Resina Herculite Classic, 5000x.

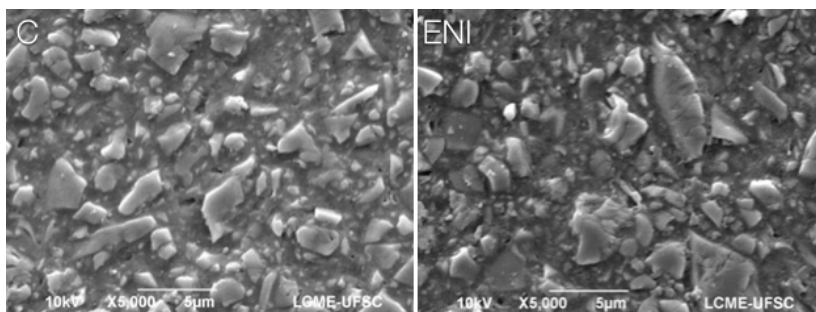


Fig. 9. Imagem da área representativa, Resina Grandioso, 5000x.

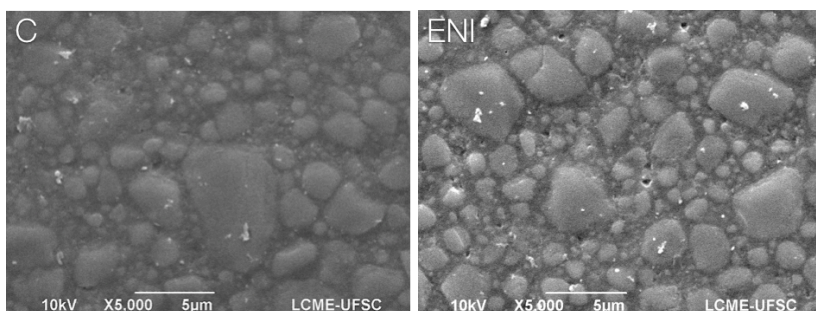


Fig. 10. Imagem da área representativa, Resina Filtek Z350 XT, 5000x.

3 DISCUSSÃO

O presente estudo foi conduzido para determinar de que forma as diferentes formulações das resinas compostas podem determinar sua susceptibilidade à mudanças na rugosidade superficial como resultado da utilização de soluções ácidas e diferentes tempos de espera para a abrasão. As resinas compostas: Charisma, Filtek Z350 XT, Herculite Classic e Grandioso foram avaliadas.

Diversos estudos tem demonstrado que substâncias ácidas tem o potencial de degradar materiais compósitos (TURSSI *et al.*, 2003; WONGKHANTEE *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007; BRISO *et al.*, 2011). Segundo Barbour, Lussi e Shellis (2011) o pH da solução é o fator decisivo para definição do seu potencial erosivo. A Coca-Cola (pH 2,3), considerada um agente erosivo com potencial intermediário (BARBOUR; LUSSI; SHELLIS, 2011), foi o ácido selecionado para os desafios erosivos exógenos por ser uma bebida amplamente consumida. O ácido hidrocloreídrico (pH 2,0), utilizado nos desafios endógenos, tem sido utilizado em estudos que buscam simular os efeitos da erosão causados por vômitos ou refluxo (YU *et al.*, 2009; YOUNG e TENUTA, 2011), e embora o fluido gástrico puro tenha um pH entre 0,9-1,5, o pH resultante na cavidade oral é raramente menor que 1,5, devido a sua diluição pela saliva (YOUNG e TENUTA, 2011). Segundo Prakki *et al.* (2005), para produzir um dano microestrutural à resina composta através da utilização de um meio ácido, o pH igual ou menor a 2,0 deve ser escolhido. No presente estudo, as soluções utilizadas não apresentaram diferenças em relação ao seu potencial erosivo ($p > 0,05$), confirmando a hipótese testada de que não haveria diferença entre ambas as soluções. Essa afirmação pode ser justificada pelo fato de que as duas soluções utilizadas possuem valores de pH semelhantes, estavam na mesma temperatura, foram agitadas durante os experimentos de modo idêntico e o tempo de imersão dos espécimes foi o mesmo.

Contudo, ainda que não houveram diferenças entre as soluções quando comparadas entre si, ambas as soluções apresentaram potencial erosivo, provocando um aumento da rugosidade superficial significativo na maioria dos materiais compósitos investigados. Diversos estudos dos quais não consideraram o desgaste mecânico como participativo nos processos de degradação, apresentaram um aumento da rugosidade de materiais compósitos quando expostos a soluções ácidas (FRANCISCONI, 2008; BRISO *et al.*, 2011; MUNCHOW *et al.*, 2014). Esse aumento da rugosidade superficial, está ligado aos fenômenos de

sorção e solubilidade de fluídos (FERRACANE, 2006). Tais fenômenos provocam degradação química da estrutura da resina composta, a qual se inicia com a sorção de fluídos, que se difundem internamente através da matriz, interface partícula e matriz, poros, e defeitos presentes na resina composta (SARKAR, 2000). Segundo Asmussem (1984), Toledano *et al.* (2003) e Ferracane (2006), esse processo, chamado de degradação hidrolítica, é acelerado por um baixo pH, e pode agir principalmente nas ligações siloxano (ligação entre partícula de carga e matriz) causando seu descolamento. Todavia, o potencial erosivo de uma solução para degradação de um material resinoso não depende somente do seu pH, mas também é influenciado fortemente pela sua capacidade tampão, grau de saturação (BARBOUR, 2011) e parâmetro de solubilidade tanto da solução solvente; quanto do material polimérico soluto (GOPFERICH, 1996).

Em adição às soluções ácidas, considerando que a degradação superficial no ambiente oral resulta de um conjunto de forças químicas e mecânicas (SARKAR, 2000; LAMBRECHTS *et al.*, 2006; HEINTZE *et al.*, 2010), é importante que os efeitos das soluções erosivas sejam correlacionados aos processos mecânicos de desgaste. No presente estudo, o processo escolhido para simular a degradação biomecânica foi a abrasão por escovação. Para os testes de desgaste por escovação, a especificação técnica da ISO (14569-1) define uma força entre 50g e 250g a ser aplicada pela escova. A força utilizada neste estudo foi de 250g. Adicionalmente, durante a escovação, o dentífrício é rapidamente diluído pela saliva; em experimentos *in vitro*, esse efeito é simulado pela diluição do dentífrício em água (HEINTZE *et al.*, 2010) ou na própria saliva. Assim, como a abrasividade provocada pela escova de dente, a abrasividade relativa (AR) do dentífrício também é um importante fator que influencia no aumento da rugosidade superficial dos materiais resinosos compósitos. Um estudo *in vitro* conduzido por McCabe *et al.* (2002) demonstrou que quanto maior a AR do dentífrício, maior a rugosidade superficial e desgaste dos materiais dentários. Segundo o fabricante, o dentífrício utilizado no presente estudo possuía um valor de AR médio. Presumindo ainda que, o tempo máximo de contato da escova dental com um dente é de 10 segundos durante a escovação diária (HOOPER *et al.*, 2003), o tempo total de escovação de 60 minutos equivale a aproximadamente 1 ano de escovação. A análise dos dados desse estudo, revelou que a associação de imersão em soluções ácidas seguida de abrasão por escovação, alteram a rugosidade superficial dos compósitos investigados. Resultado que corrobora com um estudo

conduzido por Yu *et al.* (2009) onde os autores encontraram maiores valores de perda substancial de materiais compostos nos espécimes que foram submetidos a desafios erosivos e abrasivos, quando comparados aos que foram submetidos somente a erosão ou abrasão, separadamente. Por isso, os autores sugeriram que existe uma ação sinérgica dos tratamentos erosivos e abrasivos na perda substancial de materiais resinosos compósitos. Uma vez que como resultado de processos químicos, como por exemplo devido a erosão ácida, a abrasão está associada com a remoção mecânica das camadas previamente degradadas, fazendo com que uma nova camada se torne exposta, criando condições para que o ciclo corrosivo se torne contínuo (SARKAR, 2000; PRAKKI *et al.*, 2005; SHELLIS *et al.*, 2011; CILLI *et al.*, 2012).

Outra proposta do estudo, foi avaliar a influência do tempo de espera para a escovação após o desafio erosivo. Sendo que os tempos de espera, de 5 min ou 60 min, não apresentaram correlação com o aumento da rugosidade superficial após os desafio de erosão e abrasão ($p < 0,05$), confirmando a hipótese nula testada. Pois uma vez que, a saliva, que é um dos principais fatores protetivos e poderia diminuir os efeitos da rugosidade pela ação de proteínas específicas e íons não pode ser simulada em sua forma real (HEINTZE *et al.*, 2010). Da mesma forma que, a proteção dada pela película salivar adquirida, é facilmente removida durante os processos de abrasão.

A rugosidade superficial mede a topografia dos materiais, e um fator importante para determinação da rugosidade superficial de materiais compósitos é dada pela composição do mesmo. As resinas compostas são constituídas por uma matriz polimérica, partículas de carga, silano – que é o agente de ligação partícula de carga/matriz orgânica – e fotoiniciadores. O tamanho, forma e concentração das partículas de carga (MITRA; WU; HOLMES, 2003; MARGHALANI, 2010), o tipo e o grau de conversão da matriz orgânica (SODERHOLM *et al.*, 2001) e, a interação partícula de carga/matriz orgânica (HEINTZE *et al.*, 2010), são os principais fatores que podem influenciar na rugosidade superficial do material. Nesse estudo, estes fatores não permaneceram os mesmos, uma vez que as resinas testadas possuíam diferentes composições, sendo a comparações entre as formulações uma das propostas do estudo. Todas as resinas compostas investigadas tiveram sua rugosidade superficial aumentada após o desafio de erosão e abrasão, alguma mais, outras menos, rejeitando a hipótese de que as resinas não sofreriam degradação superficial significativa. Quando

considerado o aumento da rugosidade superficial das resinas entre si, as resinas que apresentaram maior aumento da rugosidade foram respectivamente, Charisma>Herculite Classic> Grandioso>Filtek Z350 XT.

A resina Filtek Z350 XT, ainda que em valores numéricos tenha apresentado um aumento da rugosidade superficial, esse aumento não foi estatisticamente significativo, quando comparado ao grupo Controle, ou seja, nem o tipo de desafio ácido e nem a abrasão por escovação influenciaram estatisticamente na rugosidade final desse material. O mesmo achado foi relatado por de Moraes *et al.* (2009) e Carvalho *et al.* (2012).

Segundo Mitra, Wu e Holmes (2003) e Lambrechts *et al.* (2006), a combinação de partículas nanométricas e nanoaglomerados reduz consideravelmente o espaço intersticial entre as partículas e aumenta a quantidade de carga do compósito, do qual aprimora suas propriedades físicas, entre elas, a rugosidade superficial. Além disso, a difusão de moléculas de água para dentro da estrutura polimérica se torna dificultada, uma vez que os espaços são limitados (FERRACANE, 2006). E ainda, caso alguma partícula venha a ser esfoliada da matriz orgânica, serão somente partículas nanométricas e não nanoaglomerados (MITRA; WU; HOLMES, 2003), fazendo com que não haja uma grande influência para o valor total de rugosidade superficial.

Em respeito a matriz orgânica, sua composição pode determinar ou não, a natureza hidrofílica da resina composta, e pode aumentar ou diminuir sua susceptibilidade a sorção de água e outros líquidos (DE OLIVEIRA *et al.*, 2014), que como mencionado anteriormente, influencia na rugosidade superficial. O grupo hidroxila, presente no Bis-GMA, pode formar uma forte ligação de hidrogênio com as moléculas de água, diferente das ligações éter e uretano encontradas nas moléculas de Bis-EMA e UDMA, respectivamente (MORAES *et al.*, 2010). A presença de Bis-EMA como monômero diluente pode promover uma estabilidade hidrolítica e bioquímica como resultado da hidrofobicidade desse monômero (FLOYD e DICKENS, 2006). No caso da resina Filtek Z350 XT, a maior parte da matriz de TEGMA foi substituída por uma mistura de UDMA e Bis-EMA, o que explica o porquê dessa resina apresentar os menores valores de rugosidade superficial entre as resinas. Da mesma forma que a resina Grandioso, da qual também possuem Bis-EMA em sua composição. Por outro lado, as resinas Charisma e Herculite têm sua matriz orgânica composta por Bis-GMA, e o TEGDMA está presente como monômero diluente. O TEGDMA é um

monômero hidrofílico, que permite que as resinas compostas que possuem esse monômero apresentem uma maior taxa de difusão de líquidos para dentro da matriz orgânica (MALACARNE *et al.*, 2006).

Outro fator que está correlacionado ao aumento da rugosidade superficial, é o grau de conversão da matriz polimérica. Estudos *in vitro* mostram que a combinação de Bis-GMA/TEGDMA apresenta uma taxa de conversão de 55% (SODERHOLM *et al.*, 2001), fazendo com que o material que possua essa composição seja menos resistente à abrasão (LAMBRECHTS *et al.*, 2006). Quando considerando a resistência ao desgaste, a ausência de um anel fenol na cadeia monomérica de UDMA leva a uma maior flexibilidade e tenacidade quando comparada ao Bis-GMA, fazendo com que as resinas à base de UDMA, sejam mais reativas, com maior grau de conversão e maior densidade nas ligações cruzadas, contribuindo para que sejam mais resistentes a abrasão (FLOYD e DICKENS, 2006).

As resinas Charisma e Herculite são classificadas pelos seus fabricantes como resinas microhíbridas, e a resina Grandioso, como nanohíbrida. Essas resinas, quando comparadas entre si, não apresentaram diferenças estatísticas para os valores finais de rugosidade superficial.

Quando comparada a rugosidade inicial à rugosidade final, o aumento da rugosidade para as resinas microhíbridas e nanohíbridas pode ser explicado por dois motivos: ambas resinas possuem partículas de carga de maior tamanho do que as nanoparticuladas, as quais podem ter sido arrancadas da matriz orgânica criando espaços vazios (MITRA; SU; HOLMES, 2003), ou, pela exposição e protrusão (O'BRIEN e YEE, 1980) dessas partículas, conforme a matriz foi desgastada seletivamente durante o processo erosão e abrasão. Tais processos foram confirmados pelas imagens de MEV desse estudo. A maioria dos fabricantes modificou a formulação das resinas microhíbridas para inclusão de nanopartículas, tornando difícil a distinção das resinas nanohíbridas para as microhíbridas (FERRACANE, 2011; ILLIE e HICKEL, 2009).

Outro aspecto a ser considerado é a dureza das partículas de carga. As resinas microhíbridas possuem partículas de sílica e vidro que podem variar entre 0,4 a 1,0 μm em tamanho, sendo que as partículas de vidro apresentam-se mais hidroliticamente instáveis (SODERHOLM, 1983) e mais resistentes (HEINTZE *et al.*, 2010) do que as partículas de sílica, fazendo com que o desgaste ocorra primordialmente na matriz orgânica, expondo as partículas, o que pode explicar o porquê esse tipo

de resina apresentou uma rugosidade maior quando comparada à resina nanoparticulada.

Baseando-se no estudo feito por JONES, BILLINGTON e PEARSON (2004) que relatou que uma superfície com rugosidade mínima de $0,3\mu\text{m}$ pode ser detectada pela ponta da língua do paciente e ainda, como relatado por QUIRYNEN *et al.* (1996), que relacionou um aumento substancial da retenção bacteriana em rugosidades médias de $0,2\mu\text{m}$, os valores de rugosidade das resinas compostas testadas no presente estudo se mostraram adequados quando relacionados aos fatores citados acima. A resina Charisma, que apresentou o maior valor de rugosidade média de $0,18\mu\text{m}$, comprovou que, as resinas compostas contemporâneas resistem a desafios ácidos e abrasivos em uma medida aceitável.

A comparação dos resultados desse estudo com outros estudos se torna dificultada, pois ainda que existam diversos estudos direcionados a questões relacionadas ao comportamento desses materiais frente à condições erosivas utilizando ácidos presentes na dieta, não há um consenso metodológico, pois grande parte dos estudos não reproduz o ambiente oral de forma completa, uma vez que as restaurações estão expostas completamente ao ambiente oral e sujeitas a interação de fatores físicos e químicos. Em estudos prévios, os espécimes permaneceram em contato com a solução ácida por um determinado período de tempo, muitas vezes prolongado, sem que houvesse a consideração do papel da saliva (WAN BAKAR e MCINTYRE, 2008).

Não obstante o fato de que a boca é o teste definitivo para prever o comportamento de restaurações (MAIR *et al.*, 1996), devido a complexidade e diversidade das condições intra-orais, os modelos *in vitro* são importantes para fornecer uma visão sobre os mecanismos de degradação. Por isso, o objetivo desse estudo foi de reproduzir a situação clínica e associar os fatores físicos (abrasão por escovação), químicos (imersão em diferentes soluções) e biológicos (saliva artificial). Porém, é evidente que a interação entre processos de degradação química e mecânica e o ambiente oral não podem ser compreendidos utilizando somente uma técnica, outros estudos devem avaliar a sorção e solubilidade a líquidos e dureza do material, em adição à rugosidade superficial, para um melhor entendimento do fenômeno.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos e considerando as limitações de um estudo laboratorial *in vitro*, as seguintes conclusões podem ser alcançadas:

- O aumento da rugosidade superficial após os desafios erosivos e abrasivos é um evento material-dependente.
- A resina nanoparticulada foi a que apresentou menor aumento da rugosidade superficial.
- As soluções testadas apresentam o mesmo potencial erosivo quando comparadas entre si.
- O tempo de espera para escovação pós desafios erosivos não influencia na rugosidade final dos compósitos testados.

REFERÊNCIAS

- AL-OMIRI, MK; LAMEY, PJ; CLIFFORD, T. Impact of tooth wear on daily living. **Int J Prosthodont.** v.19, n.6, p.601–05, 2006.
- ASMUSSEN E. Softening of BISGMA-based polymers by ethanol and by organic-acids of plaque. **Scand J Dent Res.** v.92, n.3, p.257-61, 1984.
- ATTIN, T; FILLI, T; IMFELD, C, SCHMIDLIN, PR. Composite vertical bite reconstructions in eroded dentitions after 5.5 years: a case series. **J Oral Rehabil.** v. 39, p. 73–9, 2012.
- ATTIN, T; WEGEHAUPT, FJ. Impact of erosive conditions on tooth-colored restorative materials. **Dent Mater.** v. 30, p. 43-49, 2014.
- BARBOUR, ME; LUSSI, A; SHELLIS, RP. Screening and prediction of erosive potential. **Caries Res.** v.45, n.1, p.24-32, 2011.
- BOLLEN, CM; LAMBRECHTS, P; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of literature. **Dent Mater.** v.13, n.4, p. 258-69, 1997.
- BRISO, AL; CARUZO, LP; GUEDES, AP; CATELAN, A; DOS SANTOS, PH. In vitro evaluation of surface roughness and microhardness of restorative materials submitted to erosive challenges. **Oper Dent.** v.36, n.4, p.397-402, 2011.
- CARVALHO, F; SAMPAIO, C; FUCIO, S; CARLO, H; CORRER-SOBRINHO, L; PUPPIN-RONTANI, R. Effect of chemical and mechanical degradation on surface roughness of three glass ionomers and a nanofilled composite. **Oper Dent.** v. 37, n.5, p.509-17, 2012.
- CILLI, R; PEREIRA, JC; PRAKKI, A. Properties of dental resins submitted to pH catalysed hydrolysis. **J Dent.** v.40, p.1144-50, 2012.
- DE MORAES, RR; GONÇALVES, LDS; LANCELOTTI, AC; CONSANI, S; CORRER-SOBRINHO, L; SINHORETI, MA. Nanohybrid resin composites: Nanofiller loaded materials ou traditional

microhybrid resins? **Oper Dent.** v.34, n.5, p.551-57, 2009.

DE OLIVEIRA, ALBM; GIRO, EMA; GARCIA, PPNS; CAMPOS, JADB; PHARK, JH; DUARTE JR, S. Roughness and Morphology of Composites: Influence of type of material, fluoride solution and time. **Microsc Microanal.** v.20, p.1365-72, 2014.

FERRACANE, JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. **Dent Mat.** v. 22, p.211-22, 2006.

FERRACANE, JL. Resin composite – state of the art. **Dent Mat.** v. 27, p. 29-38, 2011.

FLOYD, CJ; DICKENS, SH. Network structure of Bis-GMA and UDMA-based resin systems. **Dent Mat.** v.22, p.1143-49, 2006.

FRANCISCONI, LF; HONÓRIO, HM; RIOS, D; MAGALHÃES, AC; MACHADO, MAAM; BUZALAF, MAR. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. **Oper Dent.** v. 33, n.2, p. 203-08, 2008.

GOPFERICH, A. Mechanisms of polymer degradation and erosion. **Biomat.** v.26, p.37-45, 1996.

HEINTZE, SD; FORJANIC, M; OHMITI, K; ROUSSON, V. Surface Deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. **Dent Mat.** v. 26, p. 306-19, 2010.

HONÓRIO, HM; RIOS, D; FRANCISCONI, LF; MAGALHÃES, AC; MACHADO, MA, BUZALAF, MA. Effect of prolonged erosive pH cycling on different restorative materials. **J Oral Rehabil.** v.35, p.947-53, 2008.

HOOPER, S; WEST, NX; PICKLES, MJ; JOINER, A; NEWCOMBE, RG; ADDY, M. Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity. **J Clin Periodontol.** v.30, p.802-08, 2003.

HOVE, LH; YOUNG, A; TVEIT, AB. An in vitro Study on the Effect of TiF₄ Treatment against Erosion by Hydrochloric Acid on Pellicle-Covered Enamel. **Caries Res.** v.41, p.80-84, 2007.

ILLIE, N; HICKEL, R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. **Clin Oral Invest.** v.13, p.427-38, 2009.

International Organization for Standardization. ISO: Dental materials—guidance on testing of wear resistance. Part 1. Wear by tooth brushing. **Technical Specification.** n. 14569-1, 1999.

JAEGGI, T; GRUNINGER, A; LUSSI, A. Restorative therapy of erosion. **Monogr Oral Sci.** v.20, p.200-14, 2006.

JAEGGI, T; LUSSI, A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. **Monogr Oral Sci.** v.25, p.55-73, 2014.

JENSDOTTIR, T; HOLBROOK, P; NAUNTOFTE, B; BUCHWALD, C; BARDOW, A. Immediate erosive potential of cola drinks and orange juices. **J Dent Res.** v.85, n.3, p.226–30, 2006.

JOHANSSON, A; JOHANSSON, AK; OMAR, R; CARLSSON, GE. Rehabilitation of the worn dentition. **J Oral Rehabil.** v. 35, p. 548-66, 2008.

JONES, CS; BILLINGTON, RW; PEARSON, GJ. The in vivo perception of roughness of restorations. **Br Dent.** v.196, n.1, p.42-45, 2004.

LAMBRECHTS, P; GOOVAERTS, K; BHARADWAJ, J; DE MUNCK, J; BERGMANS, L; PEUMANS, M. Degradation of tooth structure and restorative materials: a review. **Wear.** v.261, p.980-86, 2006.

MAIR, LH; STOLARSKI, TA; VOWLES, RW; LLOYD, CH. Wear: Mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. **J Dent.** v.24, n.1-2, p.141-48, 1996.

MALACARNE, J; CARVALHO, RM; DE GOES, MF; SVIZERO, N; PASHLEY, DH; TAY, FR; *et al.* Water sorption/solubility of dental

adhesive resins. **Dent Mat.** v.22, n.10, p.973-80, 2006.

MARGHALANI, HY. Effect of filler particles on surface roughness of experimental composite series. **J Appl Oral Sci.** v.18, n.1, p.59-67, 2010.

MCCABE, JF; MOLYVDA, S; ROLLAND, SL; RUSBY, S; CARRICK, TE. Two- and three-body wear of dental restorative materials. **Int Dent J.** v.52, p.406-16, 2002.

MICALI, N; HAGBERG, KW; PETERSEN, I; TREASURE, JL. The incidence of eating disorders in the UK in 2000-2009: findings from the General Practice Research Database. **BMJ Open.** v.3, n.5, p.1-8, 2013.

MITRA, SB; WU, D; HOLMES, BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **J Am Dent Assoc.** v. 134, n. 10, p. 1382-90, 2003.

MORAES, RR; SINHORETI, MAC; CORRER-SOBRINHO, L; OGLIARI FA; PIVA, E; PETZHOLD, CL. Preparation and evaluation of dental resin luting agentes with increasing contente of bisphenol-A ethoxylated dimetacrylate. **J Biomat Appl.** v.24, n.5, p.453-73, 2010.

MUNCHOW, EA; FERREIRA, AC; MACHADO, RM; RAMOS, TS; RODRIGUES JR, SA; ZANCHI, CH. Effect of acidic solutions on the surface degradation of microhybrid composite resin. **Braz Dent J.** v.25, n.4, p.321-26, 2014.

O'BRIEN, WJ; YEE, J Jr. Microstructure of posterior restorations of composite resin after clinical wear. **Oper Dent.** v. 5, n. 3, p. 90-4, 1980.

PRAKKI, A; CILLI, R; MONDELLI, RFL; KALACHANDRA, S; PEREIRA, JC. Influence on pH environment on polymer based dental material properties. **J Dent.** v. 33, p.91-98, 2005.

QUIRYNEN, M; BOLLEN, CM, PAPAOUANNOU,W; VEN ELDERE, J; VAN STEENBERGHE, D. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulaion and gingivitis: short-term observations. **Int J Oral Maxillofac Implants.** v.11, n.2, p.169-78, 1996.

REIS, AF; GIANNINI, M; LOVADINO, JR; AMBROSANO, GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. **Dent Mater.** v.19, p.12-8, 2003.

SALAS, MMS; NASCIMENTO, GG; HUYSMANS, MC; DEMARCO, FF. Estimated prevalence of erosive tooth wear in permanent teeth of children and adolescents: An epidemiological systematic review and meta-regression analysis. **J Dent.** v.43, n.1, p.42-50, 2015.

SARKAR, NK. Internal corrosion in dental composite wear: Its significance and simulation. **J Biomed Mater Res.** v.53, p.371-80, 2000.

SCHIMIDLIN, PR; FILLI, T; IMFELD, C; TEPPER, S; ATTIN, T. Three-year evaluation of posterior vertical bite reconstruction using direct resin composite. A case series. **Oper Dent.** v. 34, n.1, p. 102-08, 2009.

SHELLIS, RP; GANSS, C; REN, Y; ZERO, DT; LUSSI, A. Methodology and Models in Erosion Research: Discussion and Conclusions. **Caries Res.** v. 45, n.1, p. 69-77, 2011.

SILVA, KG; PEDRINI, D; DELBEM, AC; CANNON, M. Effect of pH variations in a cycling model on the properties os restorative materials. **Oper Dent.** v. 32, n.4, p. 328-35, 2007.

SODERHOLM, KJ. Leaking of fillers in dental composites. **J Dent Res.** v.62, n.2, p.126-130, 1983.

SODERHOLM, KJ; LAMBRECHTS, P; SARRET, D; ABE, Y; YANG, MCK; LABELLA, E *et al.* Clinical wear performance of eight experimental dental composites over three years determined by two measuring methods. **Eur J Oral Sci.** v.109, n.4, p.273-81, 2001.

TOLEDANO, M; OSÓRIO, R; OSÓRIO, E; FUENTES, V; PRATI, C; GARCIA-GODOY, F. Sorption and solubility of resin based restorative dental materials. **J Dent.** v.3, p.43-50, 2003.

TURSSI, CP; DE MAGALHÕES, CS; SERRA, MC; RODRIGUES JR AL. Surface roughness assessment of resin based materials during brushing preceded by pH-cycling simulations. **Oper Dent.** v. 26, n.6, p.576-84, 2001.

TURSSI, CP; HARA, AT; DE MAGALHÃES, CS; SERRA, MC; RODRIGUES JR, AL. Influence of storage regime prior to abrasion on surface topography of restorative materials. **J Biomed Mater Res B Appl Biomater.** v.65, p.227-32, 2003.

VAILATI, F; BELSER, UC. Full-mouth adhesive rehabilitation of a severely eroded dentition: the three-step technique. Part 3. **Eur J Esthet Dent.** v. 3, n.3, p. 236–57, 2008.

VAN DIJKEN, JW; SJOSTROM, S; WING, K. The effect of different types of composite resin filling materials on marginal gingiva. **J Clin Periodontol.** v.14, p.185–89, 1987.

WAN BAKAR, W; MCINTYRE, J. Susceptibility of selected tooth-coloured dental materials to damage by common erosive acids. **Aus D J.** v.53, p.226-34, 2008.

WONGKHANTEE, S; PATANAPIRADE, V; MANEENUT, C; TANTBIROJN, D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentin and tooth-coloured filling materials. **J Dent.** v.34, p.214-20, 2006.

YOUNG, A; TENUTA, LM. Initial Erosion Models. **Caries Res.** v. 45, p. 33-42, n.1, 2011.

YU, H; WEGEHAUPT, FJ; WIEGAND, A; ROOS, M; ATTIN, T; BUCHALLA, W. Erosion and abrasion of tooth-colored restorative materials and human enamel. **J Dent.** v. 37, p. 913-22, 2009.